

第1章 绪论

1.1 无线通信系统概述

1.2 信号、频谱与调制

1.3 本课程的特点

思考题与习题



本书主要讨论用于各种电子系统和电子设备中的高频电子线路。通信系统，特别是无线通信系统，已广泛应用于国民经济、国防建设和人们日常生活的各个领域。通信的目的与任务是传递消息。无线通信系统的一个重要特点就是利用高频(无线电)信号来传递消息。

通信中传递的消息的类型很多，传输消息的方法也很多。现代通信大多以电(或光)信号的形式出现，因此，通常被称作电信。传输电信号的媒质(或介质)可以是有线的，也可以是无线的，而无线的形式最能体现高频电路的应用。尽管各种无线通信系统在所传递消息的形式、工作方式以及设备体制组成等方面有很大差异，但设备中产生、接收和检测高频信号的基本电路大都是相同的。本书将主要结合无线通信来讨论高频电路的线路组成、工作原理和分析、设计、仿真方法。这不仅有利于明确学习基本电路的目的和加强对有关设备及系统的概念，而且对于其它通信系统也有典型意义。

1.1 无线通信系统概述

高频电路是通信系统，特别是无线通信系统的基础，是无线通信设备的重要组成部分。

1.1.1 无线通信系统的组成

无线通信(或称无线电通信)的类型很多，可以根据传输方法、频率范围、用途等分类。不同的无线通信系统，其设备组成和复杂度虽然有较大差异，但它们的基本组成不变，图1-1是典型的无线通信系统基本组成方框图。

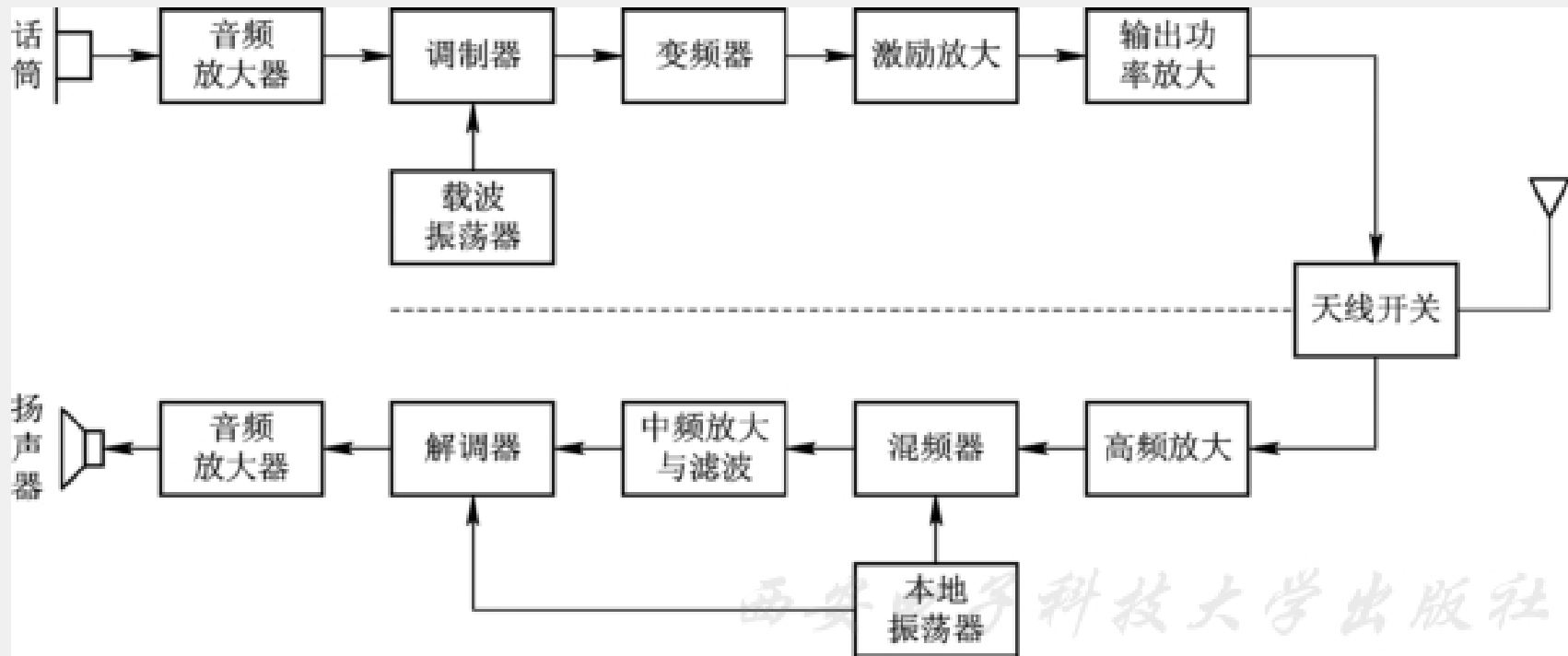


图1-1 无线通信系统的基本组成

图中虚线以上部分为发送设备(发射机), 虚线以下部分为接收设备(接收机), 天线及天线开关为收发共用设备。信道为自由空间。话筒和扬声器属于通信的终端设备, 分别为信源和信宿。上下两个音频放大器分别是为放大话筒输出信号和推动扬声器工作而设置的, 属低频部件, 本书不讨论。上面的音频放大器输出的信号控制高频载波振荡器的某个(些)参数, 从而实现调制; 下面的解调器就是针对上面发射端的调制而进行的检波(调制的逆过程)。

已调制信号的频率若不够高，可根据需要进行倍频或上混(变)频；若幅度不够，可根据需要进行若干级(通常有预放、激励和输出三级)放大，经天线辐射出去。接收机一般都采用超外差的形式，在通过高频选频放大(初步的选择放大并抑制其它无用信号)后进行下混(变)频，取出中频后再进行中频放大(主选择放大，具有较大的放大增益和较强的滤波能力)和其它处理，然后进行解调。超外差接收机的主要特点就是由频率固定的中频放大器来完成对接收信号的选择和放大。当信号频率改变时，只要相应地改变本地振荡信号频率即可。

发送设备主要完成调制、上变频、功率放大和滤波等功能，其结构大同小异。根据调制和上变频是否合二为一，发送设备结构分为直接变换结构和两次变换结构两种方式，在每种方式中也都都可以采用单通道调制和双通道正交调制方式，图 1-1 中的发射机为典型的一次变频结构。在发送设备中，一般存在两种变换：第一种变换是将信源产生的原始信息变换成电信号，而这一信号的频谱通常靠近零频附近，属于低频信号，称为基带(Baseband)信号；第二种变换称为调制(Modulating)，是将基带信号变换成适合在信道中传输的信号形式(一般为射频或高频的带通信号)。

调制后的信号称为已调信号(ModulatedSignal), 相应的没有进行调制之前的基带信号也可称为调制信号(ModulatingSignal)。调制时还需要一个高频振荡信号, 称为载波(Carrier), 它可由高频振荡器(Oscillator)或频率合成器(FrequencySynthesizer)产生。载波通常为单一频率的正弦信号或脉冲号。

接收设备的任务主要是有选择地放大空中微弱电磁信号(同时要尽可能保证信息的质量)，并恢复有用信息。接收设备的结构通常采用超外差(SuperHeterodyne)形式，图1-1中的接收机即为一次变频超外差结构。随着设备小型化和系统化，接收设备的结构出现了许多新的形式，如图1-2和图1-3分别为镜频抑制式和直接变换式(DirectConversion)或零中频(ZeroIF)式接收机结构。不同的接收设备结构有不同的特点。

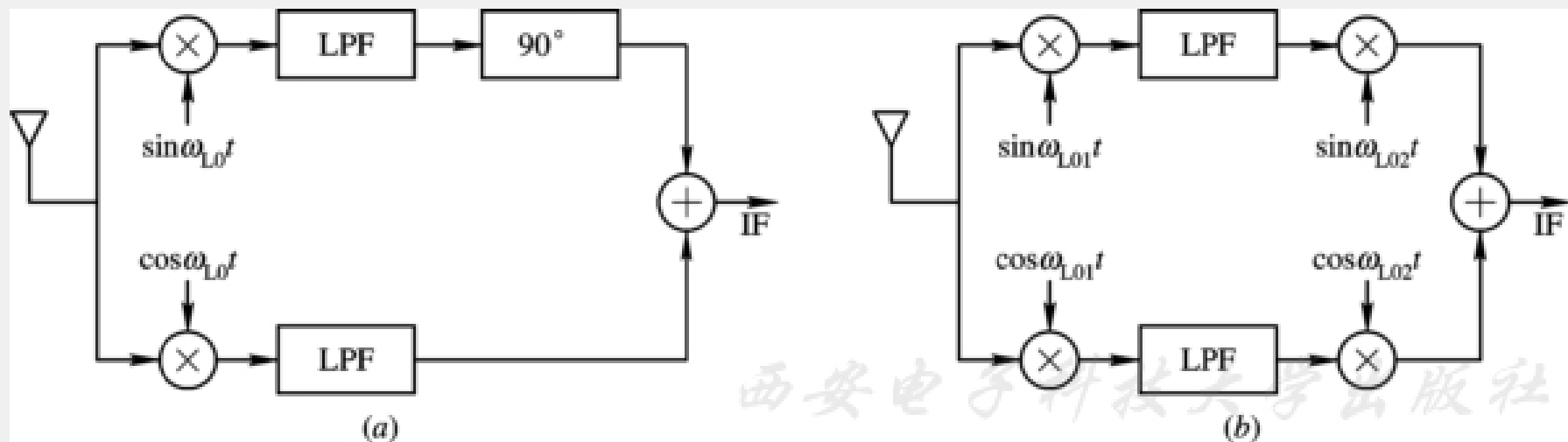


图 1-2 镜像抑制接收机结构

(a) Hartley结构; (b) Weaver结构

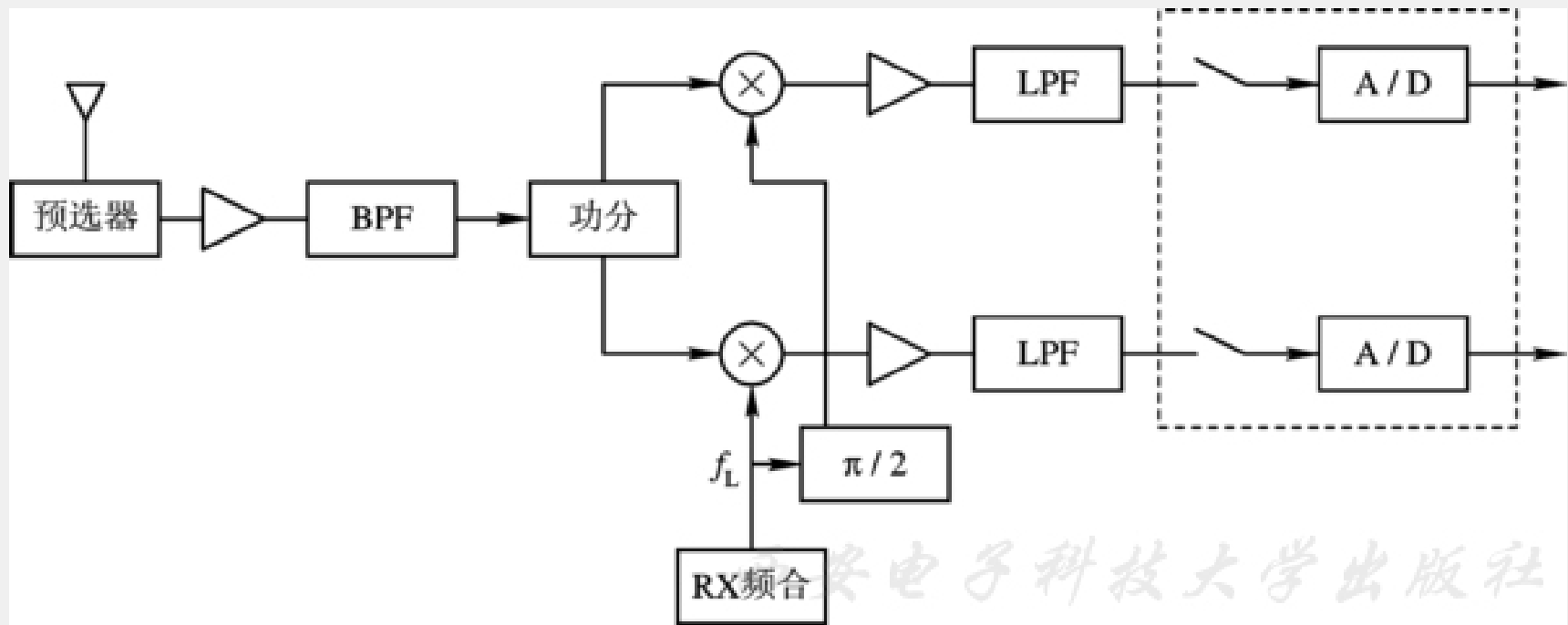


图 1-3 零中频接收机结构

超外差结构的接收设备在接收过程中，将射频输入信号与本地振荡器产生的信号混频或差拍(Heterodyne)，由混频器后的中频滤波器选出射频信号与本振信号频率两者的和频或差频。超外差接收机可以采用一次变频、两次变频，甚至多次变频，以降低滤波器实现的难度，提高镜像频率抑制能力。传统的超外差接收机采用向下变频(DownConversion)方式，接收信号首先通过混频前的选频网络(镜像抑制滤波器)选出所需频率并削弱干扰特别是镜像干扰后，经低噪声放大器放大并送到混频器进行混频，得到中频信号。随着无线通信工作频率的不断提高，高品质因数 Q 的镜像抑制滤波器越来越难以实现，因此，高性能的超外差接收机通常采用多级频率变换结构，使每级变频前后的工作频率之比在 10 左右。

中频信号经中频滤波器滤波后再进入自动增益控制(AGC)放大器或限幅放大器放大到合适电平，经解调器恢复出基带信号。由于无线信道存在衰落，输入接收机信号电平变化范围很大，需要接收机具有大的动态范围，同时，要求输出信号幅度在尽可能小的范围内波动，这可以通过AGC电路实现。这种方式的优点是结构简单、成本低，但对于宽带应用，其前端选频网络不易设计，且当用于较高频段时，前端选频网络的可调谐性也会成为较难克服的问题。

在现代高性能宽带超外差接收机中，通常采用向上变频(Up Conversion)方式，并至少需要两次频率变换。其中的多个本振信号的频率稳定度要求较高(如 0.5~1ppm)，这就需要采用复杂的锁相环或高性能的频率合成电路，也可以采用本振频率漂移抵消设计，但这增加了系统的成本和复杂性。

在超外差接收机中，中频频率是固定的，当信号频率改变时，只要相应地改变本地振荡信号频率即可。通常中频频率相对较低，中频放大器可以获得很高的稳定增益，降低了射频级实现高增益的难度，相应地，AGC 范围也就较大。由于使用高性能的中频滤波器(通常是晶体滤波器或声表面波滤波器)，接收机的选择性好，抗干扰能力强。超外差结构的最大缺点就是组合干扰频率点多，特别是对于镜像频率干扰的抑制颇为麻烦，因此出现了多种镜频抑制接收方案。其中，Hartley 与 Weaver 变换结构理论上完全消除了镜像响应和镜像噪声，结构也比较简单，然而，这两种方法在实践中都有明显的缺点。

Hartley 结构两路信道功率增益失配与相位失配虽然相对较低，但是无法实现宽带中频(IF)下变换，要实现宽带固定移相器是相当困难的，且频率越高，难度越大。 Weaver 结构是宽带 IF 下变换的基础。第一下变频后的第一中频是固定的，第二中频可以调谐到要求的 IF 频率，但结构相对复杂，两路信道的失配度相对较大。值得注意的是，这两种结构方案的效用取决于最终实现所得到的镜像抑制制度。在实际中，由于两路信道的增益与相位失配，完全抑制镜像信号响应是不可能的。而且随着失配增大，镜像抑制制度会降低。实际上，在给定镜像抑制要求情况下，可以在前端预选器和接收机结构之间进行折中设计。

直接变换结构也是按照超外差原理设计的，只是让本地振荡频率等于载频，使中频为零（因此也称为零中频结构），也就不存在镜像频率，从而也就避免了镜频干扰的抑制问题。接收的信号通过直接变换处理成为零中频的低频基带信号，但不一定经过解调，可能需要在基带上进行同步与解调。另外，直接变换结构中射频部分只有高放和混频器，具有增益低，易满足线性动态范围的要求；由于下变频后为低频基带信号，只需用低通滤波器来选择信道即可，省去了价格昂贵的中频滤波器，体积小、功耗低、便于集成，多用于便携式的低功耗设备中。但是，直接变换结构也存在着本振泄漏与辐射、直流偏移（DCOffset）、[JP]闪烁噪声、两支路平衡与匹配问题等缺点。

直接变换结构是软件无线电（SoftwareRadio）的基础前端电路结构，而且往往采用正交方式。

在接收设备中有相应的两种反变换。将接收到的已调信号变换（恢复）为基带信号的过程称为解调（Demodulating），把实现解调的部件称为解调器（Demodulator）。解调时一般也需要一个本地的高频振荡信号，称为恢复载波（或插入载波）。有时将收发设备中的调制器和解调器合称为调制解调器（Modem）。

由上面的例子可以总结出无线通信系统的基本组成，从中也可看出高频电路的基本内容应该包括：

- (1) 高频振荡器(信号源、载波信号或本地振荡信号)；
- (2) 放大器(高频小信号放大器及高频功率放大器)；
- (3) 混频或变频(高频信号变换或处理)；
- (4) 调制与解调(高频信号变换或处理)。

在无线通信系统中通常需要某些反馈控制电路，这些反馈控制电路主要是自动增益控制(AGC)或自动电平控制(ALC)电路，自动频率控制(AFC)电路和自动相位控制(APC)电路(也称锁相环PLL)。此外，还要考虑高频电路中所用的元件、器件和组件，以及信道或接收机中的干扰与噪声问题。需要说明的是，虽然许多通信设备可以用集成电路(IC)来实现，但是上述的单元电路通常都是由有源的和无源的元器件构成的，既有线性电路，也有非线性电路。这些基本单元电路的组成、原理及有关技术问题，就是本书的研究对象。

应当指出，实际的通信设备比上面所举例子要复杂得多。比如发射机的振荡器和接收机的本地振荡器就可以用更复杂的组件——频率合成器(FS)来代替，它可以产生大量所需频率的信号。

1.1.2 无线通信系统的类型

无线通信系统的类型，可以根据不同的方法来划分。按照无线通信系统中关键部分的不同特性，有以下一些类型：

(1)按照工作频段或传输手段分类，有中波通信、短波通信、超短波通信、微波通信和卫星通信等。所谓工作频率，主要指发射与接收的射频(RF)频率。射频实际上就是“高频”的广义语，它是指适合无线电发射和传播的频率。无线通信的一个发展方向就是开辟更高的频段。

(2) 按照通信方式来分类，主要有(全)双工、半双工和单工方式。所谓单工通信，指的是只能发或只能收的方式；半双工通信是一种既可以发也可以收但不能同时收发的通信方式；而双工通信是一种可以同时收发的通信方式。图1-1的例子是半双工方式，将天线开关换成双工器就成了双工方式。

(3) 按照调制方式的不同来划分，有调幅、调频、调相以及混合调制等。

(4) 按照传送的消息的类型分类，有模拟通信和数字通信，也可以分为语音通信、图像通信、数据通信和多媒体通信等。

1.1.3 无线通信系统的要求与指标

无线通信系统的基本特性主要体现在有效性和可靠性两方面。有效性就是指空间、时间、频率的利用率，主要用传输距离和通信容量(信道容量)指标来衡量；而可靠性主要用信号失真度、误码率、抗干扰能力等指标衡量。

传输距离是指信号从发送端到达接收端并能被可靠接收的最大距离，它与采用的通信体制和是否中继有关。在无中继的情况下，传输距离决定于发送端的信号功率、信号通过信道的损耗、信号通过信道混入的各种形式的干扰和噪声以及接收机的接收灵敏度。通信容量是指一个信道能够同时传送独立信号的路数或信道速率。影响信道容量的因素包括已调信号所占有的频带宽度、系统采用的调制方式、信道条件(信噪比和信干比)和信道的复用(多址)方式以及网络结构等。

信号失真度指的是接收设备输出信号不同(失真)于发送端基带信号的程度。产生信号失真的原因主要包括信道特性不理想和对信号进行处理的电路(发送与接收设备)特性不理想。信号通过信道时,总要混入各种形式的干扰和噪声,使接收机输出信号的质量下降,通信系统抵抗这种干扰的能力称为通信系统的抗干扰能力。提高通信系统抗干扰能力的技术主要包括技术体制中采用的抗干扰措施、系统设计中提高的抗干扰能力和选用高质量的调制和解调电路等几方面。



1.2 信号、频谱与调制

在高频电路中，我们要处理的无线电信号主要有三种：基带(消息)信号、高频载波信号和已调信号。这些无线电信号有多方面的特性，主要有时间(域)特性、频率特性、频谱特性、调制特性、传播特性等。

1. 时间特性

一个无线电信号，可以将它表示为电压或电流的时间函数，通常用时域波形或数学表达式来描述。对于较简单的信号(如正弦波、周期性方波等)，用这种方法表示很方便。

无线电信号的时间特性就是信号随时间变化快慢的特性。信号的时间特性要求传输该信号的电路的时间特性(如时间常数)与之相适应。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/815043004213011213>